УДК 614.87 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-1-2-7

Оценка класса условий труда по интенсивности теплооблученности методом эпюр при изменении схемы расположения технологического оборудования

Н. А. Любецкая, И. В. Богданова, Ю. И. Булыгин

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Несоблюдение требований к технологическому микроклимату может привести к развитию профессиональных заболеваний и возникновению несчастных случаев. Поэтому в общей системе мероприятий, обеспечивающих нормальные условия труда, одна из самых значимых задач — снижение теплоизлучений.
Постановка задачи. Исследуется терморадиационный режим рабочих мест. Для этого используется научная методика, основанная на построении эпюр облучения. Поле облучения объекта строится по полям излучений различных источников, воздействующих на рабочее место.
Теоретическая часть. С помощью эпюр выражаются количественные параметры и границы распределения лучистых потоков в суммарном поле облучения рабочего места. Эпюры строят для разных режимов работы и операций на основании теоретического расчета или натуральных замеров. Метод эпюр рассмотрен на примере участка цементации литейного цеха. Показан результат перепланировки, т. е. изменения локации установленных в помещении печей.
Заключение. Исследование интенсивности теплового облучения рабочего места методом эпюр показало, что изменение схемы размещения производственного оборудования, а также защита расстоянием помогают снизить теплооблученность и обеспечить таким образом соблюдение санитарно-гигиенических нормативов, принятых для производственных помещений.

Ключевые слова: тепловая облученность, термический цех, моделирование, эпюры теплового облучения.

Для цитирования: Любецкая, Н. А. Оценка класса условий труда по интенсивности теплооблученности методом эпюр при изменении схемы расположения технологического оборудования / Н. А. Любецкая, И. В. Богданова, Ю. И. Булыгин // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 1 — С. 2−7.

Assessment of labor conditions class by the intensity of heat treatment by the method of diagrams when changing the layout of technological equipment

N. A. Lyubetskaya, I. V. Bogdanova, Yu. I. Bulygin

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. Failure to comply with the requirements for the technological microclimate can lead to the development of occupational diseases and accidents. Therefore, in the general system of measures that ensure normal working conditions, one of the most important tasks is to reduce heat emissions.
Problem Statement. The paper studies the thermoradiation mode of workplaces. For this purpose, a scientific method based on the construction of radiation diagrams is used. The irradiation field of an object is based on the radiation diagrams of various sources that affect the working space.
Theoretical Part. Diagrams are used to express the quantitative parameters and boundaries of the distribution of radiant flows in the total field of irradiation of the workplace. Diagrams are built for different operating modes and operations based on theoretical calculations or real measurements. The method of diagrams is considered on the example of the cementation section of the foundry. The result of replanning, i.e. changing the location of the furnaces installed in the room, is shown.
Conclusion. The study of the intensity of thermal irradiation of the workplace by the method of diagrams showed that changing the layout of production equipment, as well as protection by distance, helps to reduce heat radiation and thus ensure compliance with sanitary and hygienic standards adopted for production facilities.

Keywords: thermal irradiation, thermal shop, modeling, thermal irradiation diagrams.

For citation: Lyubetskaya N.A., Bogdanova I.V., Bulygin Yu.I. Assessment of labor conditions class by the intensity of heat treatment by the method of diagrams when changing the layout of technological equipment: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2020;1: 2−7.

Введение. На организм работника ощутимо воздействуют условия производственного помещения, влияющие на теплообмен человекаисреды. В металлургии микроклимат на рабочем месте определяют: скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения от оборудования и поверхностей, а также относительная влажность.

Несоблюдение требований к технологическому микроклимату может привести к развитию профессиональных заболеваний и возникновению несчастных случаев. Поэтому в общей системе мероприятий, обеспечивающих нормальные условия труда, одна из самых значимых задач — снижение теплоизлучений.

Наибольшее воздействие на организм человека оказывает интенсивность потока облучения. Она зависит от ряда факторов, среди которых:

— расположение оборудования,
— величина излучающей поверхности,
— продолжительность воздействия на организм,
— расстояние до источника излучения,
— угол падения лучей.

Постановка задачи. Авторы исследуют терморадиационный режим рабочих мест. Для этого используется научная методика, основанная на построении эпюр облучения. Поле облучения объекта строится по полям излучений различных источников, воздействующих на рабочее место.

Метод эпюр облучения. Эпюра — плоская векторная диаграмма размещения облученности в пространстве, окружающем источник (эпюра излучения), или на поверхности объекта (эпюра облучения). Эпюры строятся в вертикальной или горизонтальной плоскости. Для технически обоснованного решения по тепловой защите рабочего места необходимо знать вид, величину облучения, спектральный состав, а также направление преобладающего лучистого потока, чтобы правильно определить место установки и размеры экрана или завесы. Наглядную картину поля облученности показывает эпюра облучения, представляющая собой распределение облученностей, возникающих на поверхности объекта при воздействии различных тепловых источников. Так, с помощью эпюр можно выразить количественные параметры и границы распределения лучистых потоков в суммарном поле облучения рабочего места. При построении эпюры открытого места за центр принимают грудь рабочего. Эпюры строят для разных режимов работы и операций на основании теоретического расчета или натуральных замеров величин облученности [1].

Рассмотрим данный метод на примере участка цементации литейного цеха (рис. 1).

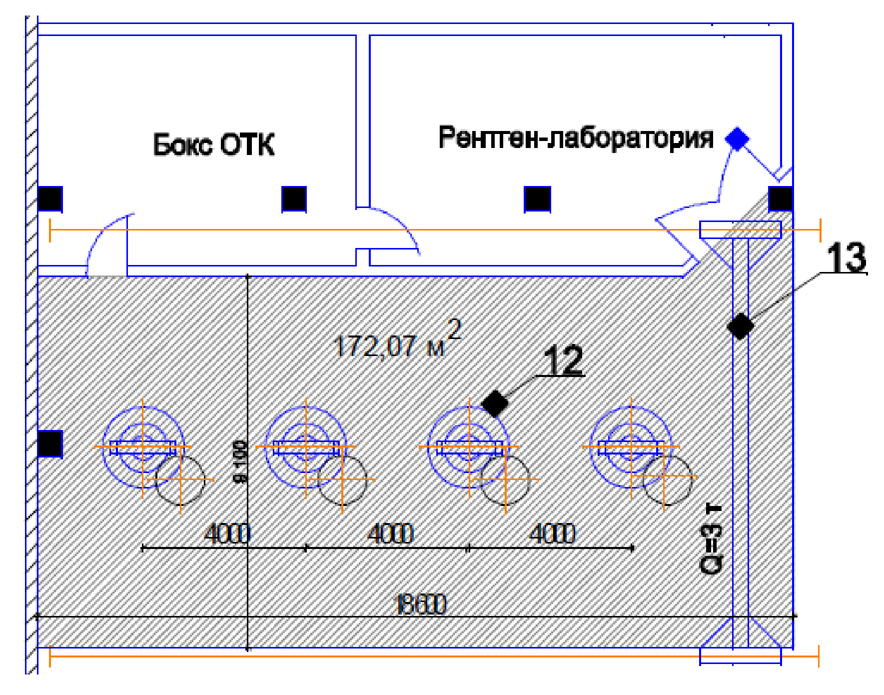


Рис. 1. План литейного цеха

На этой территории возникают неблагоприятные условия из-за большого количества электропечей типа Ц-105А, работники подвергаются инфракрасному облучению практически со всех сторон.

Для определения тепловой облученности человека методом эпюр необходимо знать точные размеры цеха, оборудования и расстояние от источника излучения до рабочего места [2]. На рис. 2 показана схема построения эпюры облучения операторов, постоянно занятых у печей на горячих работах.

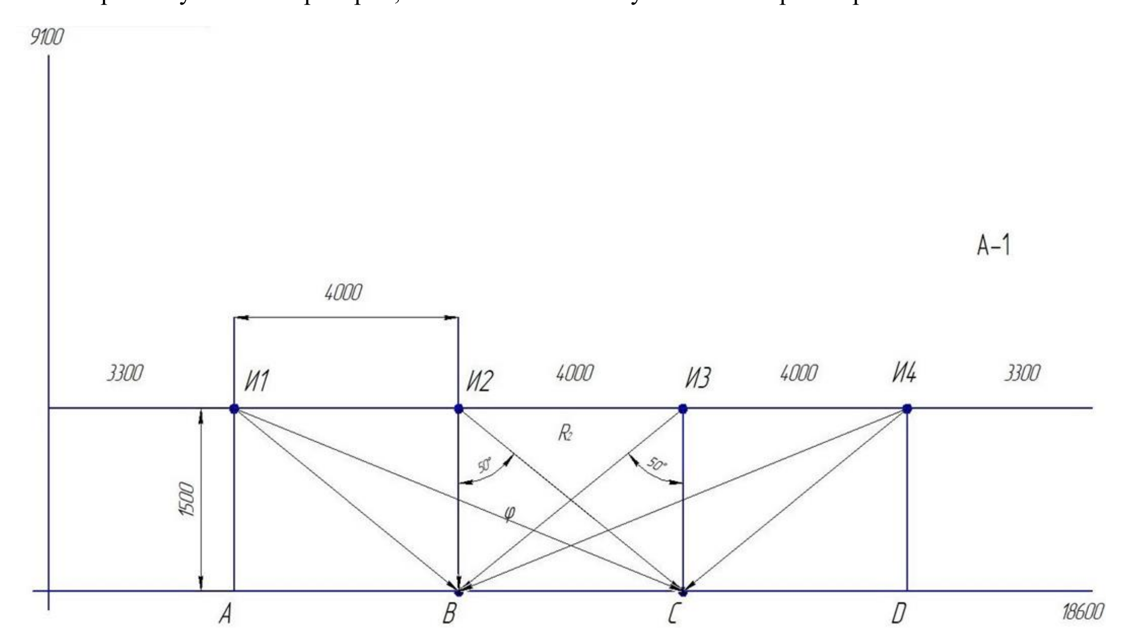


Рис. 2. Схема для расчета эпюры облучения оператора печи

Точки A, B, C, D — четыре положения литейщиков, обслуживающих печь иреализующих технологический процесс цементации хвостовиков. И1, И2, И3, И4 — электропечи, находящиеся на близком расстоянии относительно друг друга. Температура каждой колеблется от 700 °С до 910 °С. Режим термообработки : нагрев хвостовиков и выдержка внауглероживающей среде.

Интенсивность излучения источника, влияющего на работника:

$$E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4, \quad (1)$$

где ε — степень черноты; C_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м^2·К) (C_0= 5,67); T — температура источника излучения, К.

Интенсивность излучения при открытой крышке всех четырех источников равна E_0=69710,2 Вт/м^2, при закрытой E_0=1097,5 Вт/м^2.

Тепловой расчет излучения, действующего на работников в четырех положениях, Вт/м^2:

$$E_1 = \frac{E_0}{\pi r_1^2 cos\varphi_1}. \quad (2)$$

Согласно формуле (2) сведем все полученные данные при расчете в таблицу 1 и определим класс условий труда оператора теплового оборудования.

Таблица 1

Классы условий труда в зависимости от теплового излучения печей, Вт/м^2

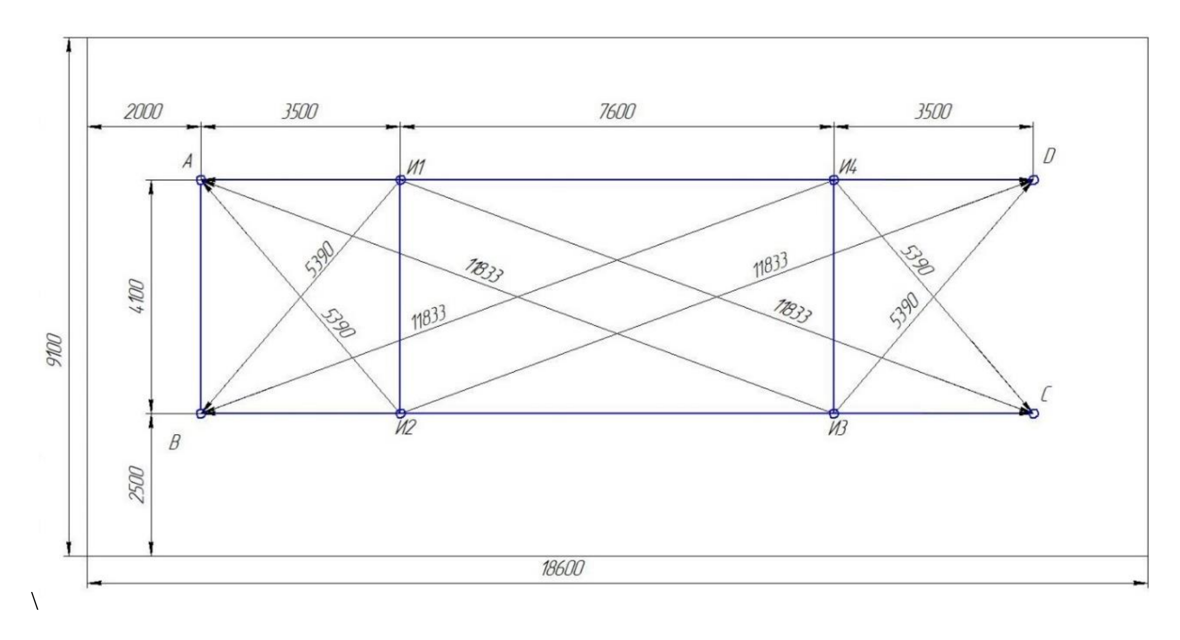
	A	B	C	D
Окно печи И1,И2,И3,И4 открыто	13478,2	14846,5	14846,5	13478,2
Класс условий труда	4	4	4	4
Окно печи И1,И2,И3,И4 закрыто	212,2	233,7	233,7	212,2
Класс условий труда	3.1	3.1	3.1	3.1
Окно печи И1 открыто,И2,И3,И4 закрыто	9923,9	2197,4	1207,4	829,1
Класс условий труда	4	3.3	3.1	3.1
Окно печи И2 открыто,И1,И3,И4 закрыто	2175,9	9945,4	2197,4	1185,9
Класс условий труда	3.3	4	3.3	3.1
Окно печи И3 открыто,И1,И2,И4 закрыто	1185,9	2197,4	9945,4	2175,9
Класс условий труда	3.1	3.3	4	3.3
Окно печи И4 открыто,И1,И2,И3 закрыто	829,1	1207,4	2197,4	9923,9
Класс условий труда	3.1	3.1	3.3	4

Как следует из результатов расчетов, санитарно-гигиенический норматив по уровню облученности открытых рабочих мест литейщика 140 Вт/м^2 значительно превышен (в 6–71 раза)[1].

Неправильное размещение печей может создавать неблагоприятные ситуации, при которых работники подвергаются воздействию инфракрасного облучения почти со всех сторон. Образуются так называемые тепловые мешки и возникают условия, при которых нарушаются нормы термоизоляции организма работающих.

Согласно описанному выше методу эпюр, проверим, насколько эффективна перепланировка производственного помещения, поможет ли она снизить теплооблученность и тем самым улучшить класс условий труда [3].

Используя принцип «защита расстоянием», математически по схеме цеха рассчитали, на каком максимально возможном удалении друг от друга должны находиться электропечи И1 И2 И3 И4 и рабочие места литейщиков. Эпюра облучения работников при перепланировке оборудования в цехе изображена на рис. 3.



\

Рис. 3. Схема для расчета эпюрыоблучения работников при перемещении оборудования в литейном цехе

Проведя аналогичные расчеты для цеха с новой планировкой оборудования и изменением рабочих мест, сведем в таблицу 2 результаты подсчетов теплооблученности операторов электропечей.

Таблица 2

Классы условий труда в зависимости от теплового излучения печей после перепланировки цеха, Вт/м^2

	A	B	C	D
Окно печи И1,И2,И3,И4 открыто	3431,3	3431,3	3431,3	3431,3
Класс условий труда	4	4	4	4
Окно печи И1,И2,И3,И4 закрыто	53,9	53,9	53,9	53,9
Класс условий труда	2	2	2	2
Окно печи И1 открыто,И2,И3,И4 закрыто	1837,7	1032,2	491,8	231,3
Класс условий труда	3.2	3.1	3.1	3.1
Окно печи И2 открыто,И1,И3,И4 закрыто	1032,2	1837,7	231,3	491,8
Класс условий труда	3.1	3.2	3.1	3.1
Окно печи И3 открыто,И1,И2,И4 закрыто	491,8	231,3	1837,7	1032,2
Класс условий труда	3.1	3.1	3.2	3.1
Окно Печи И4 открыто,И1,И2,И3 закрыто	231,3	491,8	1032,2	1837,7
Класс условий труда	3.1	3.1	3.1	3.2

[1] Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 / Госкомсанэпиднадзор России // Российская газета от 1 октября 1996 г. URL: https://rg.ru/2010/07/15/sanpin548-dok.html. (дата обращения : 15.01.2020).

При изменении расположения оборудования интенсивность теплового облучения работающих значительно снизилась. Санитарно-гигиенический норматив по уровню облученности открытых рабочих мест операторов электропечей 140 Вт/м^{2}оказался превышен в 1,6–13 раз.

Изменения классов условий труда работников до и после перепланировки представлены в виде диаграммы (рис. 4). Четыре условия относились к 4-му классу. После преобразований такие опасные условия на предприятии не фиксируются. Шесть условий относились к классу 3.2 и тоже были полностью устранены. Соответственно, эти десять условий стали менее опасными. Теперь они относятся к классу 3.1, что отчетливо видно на диаграмме.

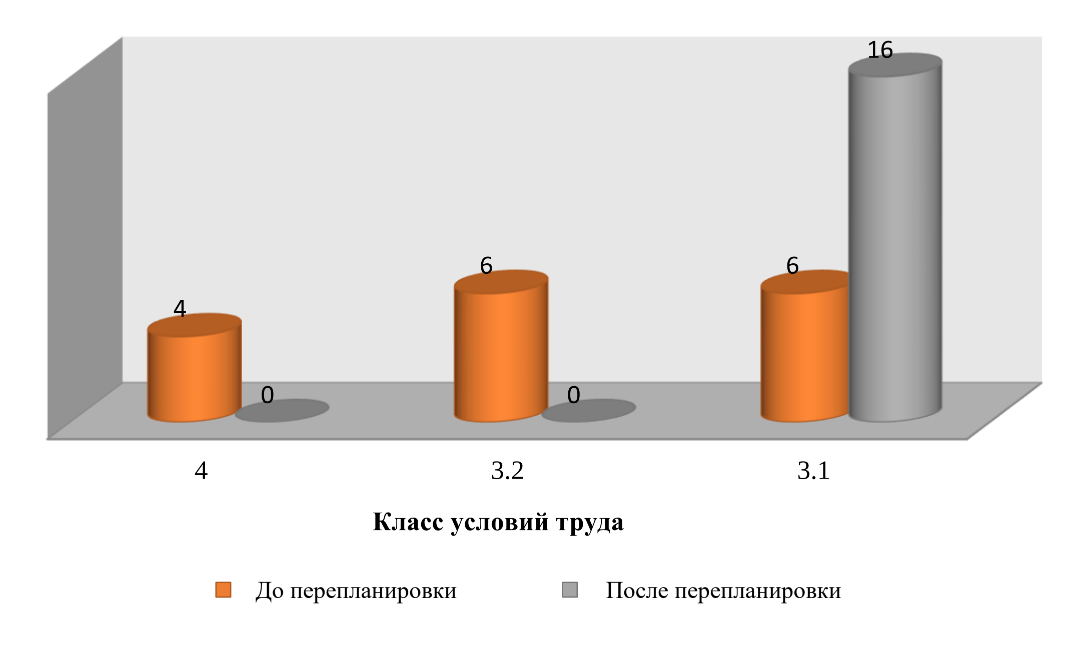


Рис. 4. Снижение уровня опасности условий труда после перепланировки цеха

Таким образом, установка оптимального расстояния между печами позволила снизить класс условий труда до 1-й степени вредности (при исходных показателях опасных и вредных условий 2-й степени [4]).

Заключение. Оператор электропечи работает во вредных условиях. Один из главных факторов, отрицательно влияющих на работника, — нагревающий микроклимат. Исследование интенсивности теплового облучения рабочего места методом эпюр показало, что перепланировка производственного помещения, а также защита расстоянием помогут снизить теплооблученность и обеспечить таким образом соблюдение санитарно-гигиенических нормативов, разработанных для производственного помещения.

Библиографический список

1. Бабалов, А. Ф. Промышленная теплозащита в металлургии / А. Ф. Бабалов. — Москва : Металлургия, 1971. — 360 с.

2. Масленский, В. В. Прогнозирование профессионального риска ущерба здоровью работающих в контакте с ведущими вредными факторами литейного производства / В. В. Масленский, Ю. И. Булыгин, Е. В. Щекина // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. — С. 305–309.

3. Использование метода построения эпюр облучения на стадии проектирования и реконструкции термических цехов по критериям безопасности / Б. Ч. Месхи, Ю. И. Булыгин, Е. В. Щекина, А. В. Медведев // Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 12. — С. 16–22.

4. Воздействие на организм человека вредных и опасных физических производственных факторов. Медико-биологические аспекты. Энциклопедия / Под ред. В. Н. Крутикова. — Москва : Издательство стандартов, 2004. — 456 с. — (Экометрия).

Сдана в редакцию 28.11.2019
Запланирована в номер 16.01.2020

Об авторах

Любецкая Надежда Анатольевна, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0123-7088, lnadijaa@mail.ru.

Богданова Ирина Виссарионовна, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7726-737, bogirka@gmail.com.

Булыгин Юрий Игоревич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0644-7412, bulyur_rostov@mail.ru.

Заявленный вклад соавторов

Н. А. Любецкая — сбор и анализ литературных данных, участие в исследованиях, литературный и патентный анализ, редактирование текста. И. В. Богданова — определение методологии исследования, постановка задачи, участие в исследованиях, критический анализ, редактирование. Ю. И. Булыгин — научное руководство, формулирование основной концепции исследования и структуры статьи.

Submitted 28.11.2019
Scheduled in the issue 16.01.2020

Information about the authors

Nadezhda A. Lyubetskaya, Master's degree student, Department of Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0123-7088, lnadijaa@mail.ru.

Irina V. Bogdanova, Associate professor, Department of Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square, 1), Candidate of technical sciences, Associate professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7726-737, bo-girka@gmail.com.

Yuriy I. Bulygin, Professor, Department of Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square, 1), Doctor of technical sciences, Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0644-7412, bulyur_rostov@mail.ru.

Contribution of the authors

N. A. Lyubetskaya — collection and analysis of literary data, participation in research, literary and patent analysis, text editing. I. V. Bogdanova — research methodology, problem statement, participation in research, critical analysis, editing. Yu.I. Bulygin — scientific supervision, formulation of the main research concept and structure of the article.